



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Faculty of Natural Resources
and Agricultural Sciences

Risk för spridning av ogräsfrö med rötrest

– *En litteraturstudie*

Risk of weed seed in digestate of biogas plants

– *A literature review*

Anna Hansander

Nivå och fördjupning: Grund C (G2E)

Kurstitel: Självständigt arbete i biologi - kandidatarbete

Kurskod: EX0689

Program/utbildning: Agronomprogrammet – mark/växt

Uppsala 2012

Risk för spridning av ogräsfrö med rötrest

Risk of weed seed in digestate of biogas plants

Anna Hansander

Supervisor:

Lars Andersson, SLU, institutionen för växtproduktionsekologi

Examiner:

Ullalena Boström, SLU, institutionen för växtproduktionsekologi

Course title: Självständigt arbete I biologi - kandidatarbete

Course code: EX0689

Credits: 15hp

Level: Grund C (G2E)

Program: Agronomprogrammet – mark/växt

Online publication: <http://stud.epsilon.slu.se>

Place of publication: Uppsala

Year of publication: 2012

Key words: weed, seed, viability, germinability, biogas, digestate

Sveriges lantbruksuniversitet

Swedish University of Agricultural Sciences

Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences

Department of Crop Production Ecology

Abstract

Risk of weed seed in digestate of biogas plants – a literature review

With an increasing production of biogas follows an increased amount of digestate. This could potentially be a valuable source of fertiliser with the destruction of weed seeds as a possible advantage. However, there have been some concerns regarding the product still containing viable seeds of weed.

In this Bsc thesis the results of previous research on the fate of weed seeds in biogas production is summarized. It is also a comparison of research on the effect of similar processes such as silage, compost or animal passage on seeds. The purpose of this is to evaluate risks of spreading viable seeds, potentially problematic species and perhaps to find out how to eliminate the risks.

The literature review revealed that previous research mainly indicates low risks regarding many of the tested weed species, but not all studies show the same result, therefore extended research on the subject is desirable. The similar processes were, of course, complicated and differed in some aspects from biogasproduction. It was in many cases difficult to conclude what actually killed the seeds which made the comparison of the different processes problematic.

Keywords: weed, seed, viability, germinability, biogas, digestate

Innehållsförteckning

1	FÖRORD	7
2	Introduktion och bakgrund	8
3	Skadliga förhållanden för frön	9
4	Förhållanden under rötningsprocessen	14
5	Grobarhets- och livsduglighetstester på frön i biogasproduktionen	16
6	Processer liknande biogasrötning	20
6.1	Utsädessanering	20
6.2	Ensilering.....	20
6.3	Passage genom djur	22
6.4	Kompostering.....	25
6.5	Process efter process.....	26
7	Sanering av rötresten	28
8	Diskussion	29
8.1	Tåliga frön i liknande processer	29
8.2	Frön i biogasrötning	30
9	Referenser	32

1 FÖRORD

Idén till det här kandidatarbetet kom från Pär-Johan Lööf på Lantmännen R&D. Syftet med uppsatsen var att sammanställa information om ogräsfröns överlevnad i biogasprocesser och deras vidare spridning med användningen av rötrester. Initiativtagaren Pär-Johan och min handledare Lars Andersson har bidragit med information och värdefulla synvinklar.

2 Introduktion och bakgrund

Idag ökar användandet av biogas för energiproduktion och därmed också mängden rötresten. Rötresten kan vara ett bra gödningsmedel och innebär att växtnäring återförs till åkern. Det kan även ha fördelen av att medföljande ogräsfrön dör i röttningsprocessen, men också utgöra en risk för spridning av ogräs i de fall frön kan överleva. Risker för uppförökning eller spridning av ogräsfrö, i synnerhet problematiska ogräs som till exempel flyghavre, kan ge upphov till en viss tvekan att återföra rötresterna till åkrarna.

Den här litteraturstudien syftar till att sammanställa information om ogräsfröns överlevnad i biogasprocessen, men även i liknande processer där fler studier har genomförts. Förhoppningen är att kunna dra ytterligare slutsatser om risker gällande spridning av ogräs med användningen av rötresten, vilka arter som kan tänkas överleva och i vilken utsträckning, samt att se vilka metoder som finns för att oskadliggöra frön.

3 Skadliga förhållanden för frön

Då ett frö utsätts för stressande förhållanden kan åldrandet accelereras och livsdugligheten reduceras. I vilken grad ett frös livsduglighet påverkas av en viss temperatur beror på flera faktorer som tid, luftfuktighet, fröets vattenhalt samt de miljöförhållanden som fröet tidigare utsatts för. Höga temperaturer kan exempelvis orsaka denaturering av enzymer och andra proteiner, samt frigörelse av lipider (Forsberg 2004).

Effekten av höga temperaturer varierar mellan olika arter. Vid temperaturer mellan 50°C och 70°C ses i flera försök en tydlig påverkan på livsduglighet hos testade frön. Temperaturer upp mot 75°C förhindrade groning hos många av de testade arterna, även vid kortare tider (Wiese et al 1998; Thompson et al 1997; Egley 1990). I tabell 1 och tabell 2 sammanfattas resultaten ifrån försöken. Generellt varierade grobarheten mellan arter betydligt mer vid de lägre temperaturerna (Thompson et al 1997). Den negativa effekten av upphettning på fröns livsduglighet blir i de flesta fall större ju högre vattenhalt fröet har (se t ex Fenner 1992). Egley (1990) fann att groning hos frön som upphettats i fuktig jord förlorade livsdugligheten i högre utsträckning än de som behandlats i torr jord, vilket antagligen berodde på en högre vattenhalt hos frön i fuktig jord.

Tabell 1. Livsduglighet hos frön efter värmebehandling. I försöken används bestämda temperaturer med olika intervall. Kolumn 2 visar den högsta av de använda temperaturena där över 50% av alla frön fortfarande var livsdugliga efter en vecka. Kolumn 3 visar vid vilken temperatur livsdugligheten går under 50%. Kolumn 4 visar den lägst använda temperatur vid vilken alla frön dog

Art	Temperatur under 7 dagar			Anmärkning	Referens
	> 50% livsdugliga frön	< 50% livsdugliga frön	0% livsdugliga frön		
Amarant (blandning av <i>Amaranthus</i> sp.)	60°C	49°C	72°C	Torr luft	Wiese et al 1998
Durra (<i>Sorghum bicolor</i>)	60°C	72°C	72°C	” _ ”	” _ ”
Hönshirs (<i>Echinochloa crus-galli</i>)	-	49°C	72°C	” _ ”	” _ ”
Ogräsdurra (<i>Sorghum halepense</i>)	-	49°C	72°C	” _ ”	” _ ”
Sommarcypress (<i>Kochia scoparia</i>)	-	49°C	72°C	” _ ”	” _ ”
Åkervinda (<i>Convolvulus arvensis</i>)	-	60°C	83°C	” _ ”	” _ ”
Busktörne (<i>Sida spinosa</i>)	60°C	70°C (8% livsdugliga frön)	-	Torr jord	Egley 1990
Lindmalva (<i>Abutilon theophrasti</i>)	60°C	70°C (4% livsdugliga frön)	-	” _ ”	” _ ”
Glansmalva (<i>Anoda cristata</i>)	60°C	-	70°C	” _ ”	” _ ”

Vit praktvinda (<i>Ipomoea lacunosa</i>)	60°C	70°C (26% livsdugliga frön)	-	” _ ”	” _ ”
Gullfrö (<i>Xanthium strumarium</i>)	60°C	70°C (8% livsdugliga frön)	-	” _ ”	” _ ”
Portlak (<i>Portulaca oleracea</i>)	60°C	70°C (99% livsdugliga frön)	-	” _ ”	” _ ”
Svinamarant (<i>Amaranthus retroflexus</i>)	60°C	70°C (100% livsdugliga frön)	-	” _ ”	” _ ”
Ogräsdurra (<i>Sorghum halepense</i>)	60°C	70°C (87% livsdugliga frön)	-	” _ ”	” _ ”
Busktörne (<i>Sida spinosa</i>)	40°C	50°C	60°C	Fuktig jord	Egley 1990
Lindmalva (<i>Abutilon theophrasti</i>)	40°C	50°C	70°C	” _ ”	” _ ”
Glansmalva (<i>Anoda cristata</i>)	40°C	50°C	70°C	” _ ”	” _ ”
Vit praktvinda (<i>Ipomoea lacunosa</i>)	40°C	50°C	70°C	” _ ”	” _ ”
Gullfrö (<i>Xanthium strumarium</i>)	40°C	50°C	50°C	” _ ”	” _ ”
Portlak (<i>Portulaca oleracea</i>)	50°C	60°C	70°C	” _ ”	” _ ”
Svinamarant (<i>Amaranthus retroflexus</i>)	40°C	50°C	Livsdugliga frön vid 70°C	” _ ”	” _ ”
Ogräsdurra (<i>Sorghum halepense</i>)	40	50°C	Livsdugliga frön vid 70°C	” _ ”	” _ ”

Några av de mildare behandlingarna utförda av Egley (1990) ledde till förhöjd groning hos busktörne (*Sida spinosa*), lindmalva (*Abutilon theophrasti*), glansmalva (*Anoda cristata*) och vit praktvinda (*Ipomoea lacunosa*) vilket antas bero på att frövila i form av hårt skal (fysisk groningsvila) bryts. I de längre temperaturbehandlingarna reducerades däremot grobarheten igen, förmodligen på grund av att temperaturen då påverkar fröets livsduglighet mer negativt (Egley 1990). Hos vissa arter med fysisk groningsvila kan fröskalen bli mer genomsläppliga vid upphettning. Groningsvilan kan brytas så länge embryot inte skadas (Baskin & Baskin 1998). En låg grobarhet kan också bero på att fröet fortfarande befinner sig i fysiologisk groningsvila, vilket ibland förväxlas med låg livsduglighet. Grobarhet som mått på livsduglighet kan därför vara otillräckligt och bör följas upp med någon form av test, t.ex. tetrazoliumtest.

Tabell 2. Groningsprocent hos frön efter värmebehandling. I försöken används några bestämda temperaturer med olika intervall. Kolumn 2 visar den högst uppmätta temperatur, av de testade, med över 50% grobara frön efter en vecka. Kolumn 3 visar den lägst uppmätta temperatur vid vilken inga frön grodde. I testet utreds inte om fröna befinner sig i groningsvila. Modifierad efter Thompson et al 1997

Art	Temperatur under 8 dagar		Anmärkning
	> 50% grobara frön	0% grobara frön	
Flyghavre (<i>Avena fatua</i>)	42°C	75°C	Svällda frön
Körsört (<i>Senecio vulgaris</i>)	31°C	75°C	” _ ”
Pilört (<i>Polygonum persicaria</i>)	31°C	75°C	” _ ”
Renkavle (<i>Alopecurus myosuroides</i>)	65°C	75°C	” _ ”
Svinmolke (<i>Sonchus asper</i>)	42°C	75°C	” _ ”
Svinmålla (<i>Chenopodium album</i>)	56°C	75°C	” _ ”
Trädgårdsveronika (<i>Veronica persica</i>)	31°C	75°C	” _ ”
Åkertistel (<i>Cirsium arvense</i>)	42°C	75°C	” _ ”

Förhållanden med mycket vatten kan hos en del arters frön ibland leda till ett för snabbt vattenupptag vid groningen som kan orsaka skada vid snabb svällning (Bewley & Black 1994).

Jämfört med mognande eller groende frön är respirationen hos mogna, torra frön väldigt låg. Vid groningen ökar respirationen och alltså syrebehovet, men frön i vila kräver mycket små mängder syre för att överleva. För frön med vedartade, hårda skal är gasutbytet nära noll. Ett lågt gasutbyte kan förhindra groningen, vilket även gäller höga CO₂-koncentrationer. Temperaturer över maximum eller under minimum för groningen, mörker eller anaeroba förhållanden är exempel på faktorer som kan inducera sekundär groningsvila hos frön av olika arter (Bewley & Black 1994).

4 Förhållanden under rötningsprocessen

Produktion av biogas sker genom nedbrytning av organiskt material av flera olika grupper mikroorganismer. Processen består av olika steg som hydrolys, fermentering och metanbildning. Metanbildning sker med hjälp av en grupp metanogener. Dessa är de slutliga organismerna i näringskedjan under anaeroba förhållanden. Metanogener är strikt anaeroba och känsliga för syre. De är även mycket känsliga för variation i pH och kräver en neutral miljö. Även de flesta andra mikroorganismer växer bäst under neutrala förhållanden (Marchaim 1993).

Hastigheten för tillväxt och metabolism tenderar att öka med ökande temperatur. Däremot kan en alltför hög temperatur stanna reaktionen på grund av nedbrytning av nödvändiga enzym. Också här är metanogener speciellt känsliga och förändringarna i temperatur måste vara relativt små. Tydliga temperaturregioner för optimal rötning ligger vid 35°C (mesofil) och vid 55°C (termofil) (Marchaim 1993). Även lägre temperatur vid rötning, så kallad psykrofil rötning, kan förekomma (LRF u.å.).

Vattenhalt i processen är vanligen ca 95% (Edström 2011), men vid en så kallad torrötning ligger substratets torrsustans (TS) runt 20-30% (Marchaim 1993). Även materialets uppehållstid i anläggningen varierar beroende på till exempel processtyp (Marchaim 1993). Ungefärlig genomsnittlig tid är ca 25 dagar vid flytgödselrötning vid 37°C och ca 35 dagar då flytgödsel samrötas med energirika råvaror som vallensilage. En totalomblandad rötkammare medför att det inte finns någon garanterad uppehållstid (Edström 2011).

Flera av dessa faktorer under biogasprocessen kan leda till en reduktion av grobarhet hos frön enligt Shrade et al (2003) där temperatur anses vara en viktig faktor. En dag i en termofil process räckte för att inga testade frön skulle gro, medan det i den mesofila processen fortfarande fanns grobara frön. Det framgår inte om livsdugligheten hos dessa frön testades, vilket gör det omöjligt att avgöra om den minskade grobarheten berodde på reducerad livsduglighet eller inducerad gro-

ningsvila. Omsättningstiden var också viktig, ju längre tid frön befann sig i anläggningen desto större var förlusten i grobarhet. En viss mängd ammoniak och svavelväte kan genereras under processen vilket ökar koncentrationen av skadliga gaser. Även faktorer som pH, fröets vattenhalt, mekanisk påverkan på fröskalet eller mikroorganismernas aktivitet anses påverka grobarheten negativt. Mikroorganismer orsakade till exempel en tydlig degradering av kolhydrater hos vete i försöket (Shrade et al 2003).

5 Grobarhets- och livsduglighetstester på frön i biogasproduktionen

I Shrade et al (2003) räckte en dag i en termofil rötningsprocess för att inga frön av de testade arterna skulle gro. I det mesofila temperaturområdet tog det längre tid (se tabell 3) och speciellt svinmålla (*Chenopodium album*) var tålig. Efter tre dagar var grobarheten hos svinmålla fortfarande relativt opåverkad och först efter tre veckor var grobarheten noll.

Tabell 3. Antal dagar i fermenteringsprocess för 0% grobarhet. Sammanställd efter Shrade et al 2003

Art	Antal dagar för 0% grobara frön vid olika rötningstemperatur	
	35-37°C	52-55°C
Höstvete (<i>Triticum aestivum</i>)	1 dag	1 dag
Penningört (<i>Thlaspi arvense</i>)	-	1 dag
Raps (<i>Brassica napus</i>)	1 dag	1 dag
Svinamarant (<i>Amaranthus retroflexus</i>)	1 dag	1 dag
Svinmålla (<i>Chenopodium album</i>)	21 dagar	1 dag
Tomtskräppa (<i>Rumex obtusifolius</i>)	7 dagar	1 dag
Tomat (<i>Solanum lycopersicum</i>)	-	1 dag
Åkersenap (<i>Sinapis arvensis</i>)	1 dag	1 dag

Tserashchuck (2005) fann efter fermentering av gödsel ca 30 % livsdugliga frön i rötprodukten såväl under sommar/höst-förhållanden som under vinter/vår-

förhållanden. Däremot förekom en viss skillnad mellan arter. Under sommar/höst-förhållanden förekom livsdugliga frön av svinamarant (*Amaranthus retroflexus*), dån (*Galeopsis* spp.), åkerbinda (*Polygonum convolvulus*), svinmålla (*Chenopodium album*), vippskräppa (*Rumex confertus*). Under vinter/vår-förhållanden förekom dån (*Galeopsis* spp.), vitblåra (*Melandrium album*), vippskräppa (*Rumex confertus*), våtarv (*Stellaria media*), svinmålla (*Chenopodium album*) och åkerbinda (*Polygonum convolvulus*). I båda fall förekom inga livsdugliga frön av arter som baldersbrå (*Matricaria inodora*), maskros (*Taraxacum officinale*), ven (*Agrostis*) och svartkämpar (*Plantago lanceolata*). Däremot nämns inte temperatur, tid eller vilket test av livsduglighet som utfördes.

I försök med ogräsfrö i rötningsprocesser (Weinhappel et al 2010) fanns det efter en dag i processen vid 50°C inte längre några grobara frön av de testade arterna (för arter se tabell 4). Även livsduglighet testades och resultatet indikerade att icke grobara frön inte heller var livsdugliga, men att det för hårda frön av klöver var svårare att veta säkert. Vid 37°C klarade majoriteten av testade ogräsarter en dags fermentering, men groningen påverkades redan då i stor utsträckning (tabell 4). Efter en vecka var grobarheten noll hos alla arter utom svinmålla. Den senare grodde till 2,5 % och efter tre veckor grodde inga frön. Grobarheten för hönshirs (*Echinochloa crus-galli*) ökade efter en dag, antagligen beroende på bruten groningsvila. Ett ogrästest ("weed test") enligt projektet HORIZONTAL utfördes på rötresten från österrikiska biogasanläggningar och med undantag av två prov förekom inga grobara frön eller växtdelar. De två prover där grobara frön förekom misstänkts ha förorenats under lagringen. Resultat från test i de riktiga anläggningar med samma metod som laborieförsöken gav liknande utfall som laborieförsöken. Även en fermentering vid lägre temperaturer gjordes, vilket gav en mer långsam sanering av ogräsfrön (Weinhappel et al 2010). Det framgår inte om fröernas groningskvalitet testades i en obehandlad kontroll.

Tabell 4. Groningsprocent hos frön efter olika tider i en biogasanläggning med mesofil rötning, 37 °C. Det framgår inte om fröernas groningskvalitet testats innan rötning. Modifierad efter Weinhapel et al. 2010

Art	1 dag	7 dagar	21 dagar
	Grobarhet (%)		
Amarant (<i>Amaranthus</i> sp.)	68,5	0	0
Flyghavre (<i>Avena fatua</i>)	1,5	0	0
Hönshirs (<i>Echinochloa crus-galli</i>)	30	0	0
Kvickrot (<i>Elytrigia repens</i>)	0	0	0
Lomme (<i>Capsella bursa-pastoris</i>)	0	0	0
Losta (<i>Bromus</i> sp.)	0	0	0
Malörtsambrosia (<i>Ambrosia artemisiifolia</i>)	9	0	0
Pilört (<i>Polygonum lapathifolium</i>)	94	0	0
Rödklöver (<i>Trifolium pratense</i>)	0,5	0	0
Snärjmåra (<i>Galium aparine</i>)	0	0	0
Svinmålla (<i>Chenopodium album</i>)	76	2,5	0
Tomtskräppa (<i>Rumex obtusifolius</i>)	37,5	0	0
Våtarv (<i>Stellaria media</i>)	0	0	0
Vägmålla (<i>Atriplex patula</i>)	6	0	0

Vilka typer av substrat eller hur dessa påverkar till exempel mängden frön eller vilka arter som rötas testas inte i de nämnda försöken. Olika arters förekomst kan tänkbart vara av större betydelse än själva mängden frön också för rötprodukten liksom för gödsel.

Nya arter, speciellt riskogräs, kan vara problematiska att få in i systemet, även om mängden frön också är av betydelse (Mt.Pleasant & Schlater 1994). De senare visade att gödseln oftast utgör en liten källa jämfört med den befintliga fröbanken på gårdarna. I de fall där djuren utfodrades med importerat foder innehållande en i jämförelse stor mängd frön eller nya problematiska arter kunde dock vissa problem uppstå. Det gällde speciellt gårdar där fröbanken var liten. Ensilage på majs eller spannmål nämns som foder vilka kan innehålla många eller problematiska frön.

6 Processer liknande biogasrötning

6.1 Utsädessanering

En metod för att sanera utsäde från skadliga organismer är att värma upp det, en s.k. termisk behandling. Det fungerar när patogenen har en lägre tolerans mot höga temperaturer än det infekterade fröet, som får påverkas ytterst lite av dessa temperaturer. En termisk behandling ökar fröets temperatur till höga nivåer under en kort period. Om behandlingen pågår för länge eller vid för hög temperatur kommer livsdugligheten att reduceras påtagligt. Detta ger också ett accelererat åldrande. Vilken temperatur som kan användas i en termisk utsädessanering beror på variation i behandlingens parametrar som luftfuktighet, fröets lagringshistoria och vattenhalt, tid för behandlingen och patogenens placering. Det nämns att spannmålsutsäde klarar mellan 50-87 °C, men vattenhalten är då lägre än den som vanligtvis förekommer vid en biogasrötning (Forsberg 2004). En viktig skillnad mellan många ogräsarters frön och frön hos flertalet grödor är gröningsvilan, vilken inte finns i samma utsträckning hos grödor (Bewley & Black 2002). Utsädet kan därför ofta ha svårare att klara samma förhållanden som ogräsfrön (Forsberg 2004).

6.2 Ensilering

Ensilering är en jäsning med hjälp av mjölksyrabildande bakterier. Materialet konserveras med den bildade syran och genom att luften hålls ute. De delaktiga bakterierna kan växa utan tillgång på syre och den bildade mjölksyran bidrar till att pH-värdet sänks. Även bakterierna påverkas av den sura miljön och i en fuktig gröda upphör de sista bakterierna att vara aktiva vid pH strax under 4 varvid materialet är konserverat. I en torrare gröda bidrar även andra faktorer till att hämma bakteri-

etillväxten och aktiviteten avstannar därför redan vid ett högre pH-värde. Tshalten i materialet varierar beroende på metod, material och lagring, men som regel ligger den mellan 15-50 % (Spörndly et al 1988). Tabell 5 innehåller resultat från Blackshaw & Rode (1991) där fröers grobarhet och livsduglighet testades efter en ensileringsprocess.

Tabell 5. Groningsprocent och procent livsdugliga frön efter ensilering i 8 veckor. Modifierad efter Blackshaw & Rode 1991

Art	Grobarhet (%)	Livsduglighet (%)
Ekkorn (Hordeum jubatum)	0	0
Flyghavre (Avena fatua)	0	0
Hönshirs (Echinochloa crus-galli)	0	0
Kavelhirs (Setaria viridis)	0	0
Penningört (Thlaspi arvense)	0	7 (försök 1) 13 (försök 2)
Sommarcypress (Kochia scoparia)	5	10
Stillfrö (Descurainia sophia)	2	5
Svinamarant (Amaranthus retroflexus)	2	6
Svinmålla (Chenopodium album)	0	3
Taklosta (Bromus tectorum)	0	0
Vit kattost (Malva pusilla)	3	23
Åkerbinda (Polygonum convolvulus)	0	30

Då resultat i Blackshaw & Rode (1991) skiljde sig från tidigare försök anges osäkerhet om hur förändringar i temperatur, tryck och pH i ensileringsprocessen påverkar fröns överlevnad som en förklaring. I försök med tomtskräppa (*Rumex obtusifolius*) (Overud 2002) spelade tiden i ensileringsprocessen mindre roll för att kontrollera ogräsfrön. En tendens var där högre livsduglighet i ensilage med högt ts-halt. Frön av tomtskräppa (*Rumex obtusifolius*) reagerade också till stor del med att gå in i groningsvila, vilket skulle kunna förklaras med att frön i ensilage utsätts för låg syrehalt (Overud 2002). Något som enligt Baskin & Baskin (1998) kan inducera sekundär groningsvila.

6.3 Passage genom djur

Under djurets födointag och idissling kan frön skadas av tänder vid flera tillfällen. I Haidar et al (2010) anges känslighet för sönderfall av fröskalet, fermentering, mikrobiell aktivitet, gas, värme, lågt pH och olika organiska och oorganiska föreningar i våmmen som möjliga anledningar till reduktion av livsduglighet hos frön. Hos idisslare sker en fermentering i våmmen då mikrober bryter ned komponenter i fodret och syrehalten är låg (Church 1988). Fröet utsätts dessutom för olika enzymer under hela matsmältningen (Gardener et al 1993). Vanligtvis är pH i våmmen mellan 6-7 (Church 1988), men i löpmagen kan det vara så lågt som 2,5 (Gardener et al 1993). TS-halten i våmmen är vanligen 14-18% och temperaturen 38-42 °C (Church 1988).

Över 48 arter med livsdugliga frön förekom i gödsel (Mt.Pleasant & Schlater 1994). Bland dessa fanns hönshirs (*Echinochloa crus-galli*), korsört (*Senecio vulgaris*), kvickrot (*Elytrigia repens*), maskros (*Taraxacum officinale*), penningört (*Thlaspi arvense*), svinamarant (*Amaranthus retroflexus*), svinmålla (*Chenopodium album*), tomtskräppa (*Rumex obtusifolius*), våtarv (*Stellaria media*) och åkertistel (*Cirsium arvense*).

Bland annat Blackshaw & Rode (1991) visade att livsdugligheten försämrades med ökande tid i våmmen för alla testade arter även om graden av försämring varierade mellan de olika arterna. Flyghavre varierade dessutom mellan försöken år 1988, där livsdugligheten reducerades totalt, och 1987, där varken grobarhet eller livsduglighet påverkades nämnvärt (se tabell 6). Detta kan vara en effekt av djurens diet genom att dieten påverkar bakteriepopulationer, pH och materialets uppehållstid i våmmen. År 1988 var även fröernas ålder högre. Frön verkade ofta tolerera en viss tid i våmmen, varefter en snabb nedgång i livsduglighet följde. Det

kan bero på tiden för nedbrytning av det skyddande fröskalet och skedde exempelvis efter 8 timmar för flyghavre. För en del arter ökar grobarhet efter passage genom djur, antagligen på grund av att fröskalet förändras, men utan att embryot skadas. Ytterligare en tendens var att gräsarter påverkades mer negativt än örter (Blackshaw & Rode 1991). Haidar et al (2010) fick liknande resultat för frön som uppehållits i våmmen hos får. Livsduglighet avtog hos alla arter med ökande inkubationstid i våmmen, förutom hos intakta frön av amerikansk grovsnärja (*Cuscuta campestris*) och svinamarant (*Amaranthus retroflexus*). Hos en del arter var det en mer gradvis process där nedgång i livsduglighet först gick fort för att sedan stanna av. En möjlig förklaring som anges är att tåligheten inom varje art skiljer sig och att de mest tåliga fröna klarar en längre tid. Generellt verkade arter med hårda och intakta fröskal vara mindre känsliga för våmbehandlingen än gräsfrön (se tabell 6). I Haidar et al (2010) anges, som en opublicerad observation, värmen vara en viktig faktor eftersom många frön inte grodde efter bad i 39°C vatten i 3 dagar och då exempelvis pH (5.8–6.5) inte ansågs vara skadligt lågt.

Tabell 6. Groningsprocent och procent livsdugliga frön efter 24 timmar i våmmen på nötkreatur eller 4 dagar i våmmen på får

Art	Grobarhet (%)	Livsduglighet (%)	Anmärkning	Referens
Ekkorn (Hordeum jubatum)	0	0	Nötkreatur	Blackshaw & Rode1991
Flyghavre (Avena fatua) 1987	86	88	” _ ”	” _ ”
Flyghavre (Avena fatua) 1988	0	0	” _ ”	” _ ”
Hönshirs (Echinochloa crus-galli)	0	0	” _ ”	” _ ”
Kavelhirs (Setaria viridis)	14	17	” _ ”	” _ ”
Penningört (Thlaspi arvense) 1987	98	98	” _ ”	” _ ”
Penningört (Thlaspi arvense) 1988	0	37	” _ ”	” _ ”
Sommarcypress (Kochia scoparia)	6	15	” _ ”	” _ ”

Stillfrö (<i>Descurainia sophia</i>)	3	7	” _ ”	” _ ”
Svinamarant (<i>Amaranthus retroflexus</i>)	27	45	” _ ”	” _ ”
Svinmålla (<i>Chenopodium album</i>)	40	52	” _ ”	” _ ”
Taklosta (<i>Bromus tectorum</i>)	0	0	” _ ”	” _ ”
Vit kattost (<i>Malva pusilla</i>)	36	57	” _ ”	” _ ”
Åkerbinda (<i>Polygonum convolvulus</i>)	15	63	” _ ”	” _ ”
Gåshirs (<i>Eleusine indica</i>)	-	10	Får	Haidar et al (2010)
Grovsnärlja (<i>Cuscuta campestris</i>)	-	85	” _ ”	” _ ”
Italiensk rajgräs (<i>Lolium multiflorum</i>)	-	0	” _ ”	” _ ”
Kavelhirs (<i>Setaria viridis</i>)	-	1.3	” _ ”	” _ ”
Korn (<i>Hordeum vulgare</i>)	-	0	” _ ”	” _ ”
Lins (<i>Lens culinaris</i>)	-	0	” _ ”	” _ ”
Svinamarant (<i>Amaranthus retroflexus</i>)	-	76	” _ ”	” _ ”
Svinmålla (<i>Chenopodium album</i>)	-	17	” _ ”	” _ ”
Åkervinda (<i>Convolvulus arvensis</i>)	-	31	” _ ”	” _ ”
Åkerrättika (<i>Raphanus raphanistrum</i>)	-	0	” _ ”	” _ ”

6.4 Kompostering

Vid kompostering bryter mikroorganismer ned organiskt material i en syrekrävande process. Aktiv kompostering genererar avsevärd värme, koldioxid samt vattenånga. Temperaturen beror till största delen på mikroorganismernas aktivitet. En viss vattenhalt krävs för mikrobernas aktivitet i komposten och i praktiken gäller ungefär 40-60%. Under 40 % ger en ganska långsam process eller nästan ingen alls och över 65 % minskar tillgången på syre i materialets porer. Komposten förändras under hela tiden och förhållandena varierar även på olika platser i själva komposten. Ett optimalt pH-värde är mellan 6,5–8,0, men komposteringsprocessen fungerar i ett bredare intervall. Kompost benämns också som mesofil (10-40 °C) och termofil (över 40 °C). Termofila komposttemperaturer på ca 45-65 °C dödar många patogener. Som kritisk temperatur för att förstöra de flesta ogräsfrön i kompost nämns 63 °C av Rynk (1992). I en kompost kan fröns livsduglighet även påverkas av förekomst av bildade fytotoxiner (Rynk 1992). Grobarhet hos frön i kompost minskade också vid låga temperaturer i försök av Tymms et al (2011), antagligen beroende på att frön även skadas av mikrobiell aktivitet och fytotoxiner, i alla fall under en längre komposterings tid. Här antogs vattenhalten vara av störst betydelse då den bidrar till att temperaturen bibehålls, men hade i sig en otydlig roll vad gällde testade fröns överlevnad.

Wiese et al (1998) testade hur frön i kompost reagerade under uppvärmning till olika temperaturer och vilka uppehållstider som dödade alla frön, resultat i tabell 7. En brist på definitiva samband mellan temperatur och livsduglighet visade på att andra faktorer än temperatur kan spela roll i eliminering av ogräsfrön under kompostering.

Tabell 7. Antal dagar som krävdes för 0% livsdugliga frön efter upphettning till olika temperaturer i kompost. Modifierad efter Wiese et al 1998

Art	Tid (dagar) för 0% livsdugliga frön			
	Vid 49°C	Vid 60°C	Vid 72°C	Vid 83°C
Amarant (blandning av <i>Amaranthus</i> sp.)	3	1	1	-
Durra (<i>Sorghum bicolor</i>)	3	1	1	-
Hönshirs (<i>Echinochloa crus-galli</i>)	3	1	1	-

Ogräsdurra (<i>Sorghum halepense</i>)	3	1	1	-
Sommarcypress (<i>Kochia scoparia</i>)	1	1	1	-
Åkervinda (<i>Convolvulus arvensis</i>)	-	Livsduglig efter 30	Livsduglig efter 30	7

6.5 Process efter process

Tserashchuck (2005) anger att ett kg hö till nötkreatur innehöll 10125 frön, av vilka 53,6% var livsdugliga. Ett kg nötkreatursavföring innehöll 235 ogräsfrön där 48,9% var livsdugliga. I kletgödsel fanns endast 126 frön per kg av vilka 40,5% var livsdugliga.

I Blackshaw & Rode (1991) testas fröns överlevnad i en ensileringsprocess med efterföljande våmbehandling vilket redovisas i tabell 8. Med två undantag reduce-rade ensilering och ensilering plus våmbehandlingen fröers livsduglighet i större utsträckning än enbart våmbehandlingen. En liten andel frön förblev dock livsdugliga i alla behandlingar.

Tabell 8. Groningsprocent och procent livsdugliga frön efter 8 veckor ensilering följt av 24 timmar i våmmen på nötkreatur. Modifierad efter Blackshaw & Rode 1991

Art	Grobarhet (%)	Livsduglighet (%)
Ekorrkorn (<i>Hordeum jubatum</i>)	0	0
Flyghavre (<i>Avena fatua</i>) 1987	0	0
Flyghavre (<i>Avena fatua</i>) 1988	0	0
Hönshirs (<i>Echinochloa crus-galli</i>)	0	0
Kavelhirs (<i>Setaria viridis</i>)	0	0
Penningört (<i>Thlaspi arvense</i>) 1987	2	9
Penningört (<i>Thlaspi arvense</i>) 1988	0	11

Sommarcypress (<i>Kochia scoparia</i>)	9	10
Stillfrö (<i>Descurainia sophia</i>)	1	5
Svinamarant (<i>Amaranthus retroflexus</i>)	1	4
Svinmålla (<i>Chenopodium album</i>)	0	2
Taklosta (<i>Bromus tectorum</i>)	0	0
Vit kattost (<i>Malva pusilla</i>)	1	17
Åkerbinda (<i>Polygonum convolvulus</i>)	0	19

7 Sanering av rötresten

En eftersanering av rötresten skulle kunna säkerställa ett rent gödningsmedel ifall ogräsfrön skulle kunna överleva rötningsprocessen, till exempel efter kort process-tid eller eventuella tåliga arter.

Värmebehandling av de material som rötas genomförs antingen som ett förbehandlingssteg innan rötningsprocessen eller av själva rötningsprocessen (termofil rötningsprocess, ca 52-55°C) med garanterad uppehållstid på några timmar. Substrat med delvis eller helt animaliskt ursprung som exempelvis gödsel, måste hygieniseras innan det går in i rötningsprocessen. Vanligtvis innebär det att materialet upphettas till 70°C i minst en timme (Edström 2011). Det finns ett frivilligt certifieringssystem där rötresten kan kvalitetssäkras enligt SPCR 120 (SP u.å.). Här gäller för fast biogödsel att produkten endast får innehålla två eller färre grobara frön och växtdelar per liter.

I bland annat Shrade et al (2003) uppges tiden i anläggningen ha betydelse för resultaten. Ju längre frön befinner sig i biogasprocessen desto större förlust i förmåga att gro. Livsdugligheten testades dock inte.

8 Diskussion

8.1 Tåliga frön i liknande processer

De olika processer (utsädesanering, ensilering, passage genom djur och kompostering) som jämförs med biogasproduktion skiljer sig givetvis från varandra i vissa avseenden. Syftet med att jämföra fröns överlevnad i liknande processer var att hitta faktorer som dödar frön och förekommer under rötningen samt att identifiera tåliga arter. Det nämns i de flesta försök svårigheter med att veta hur de olika faktorerna (temperatur, vattenhalt, fröets historia, fytotoxiner, tid etc) påverkar reducering i grobarhet eller livsduglighet. Det har medfört svårigheter att utifrån dessa processer förutsäga hur förhållanden under biogasprocessen kommer att påverka frön.

Vad gäller tåliga arter under enskilda förhållanden, till att börja med temperatur dog de flesta frön av en högre temperatur än vad som är förekommande i röttningsprocessen. Tabell 1 visar att många arter klarar uppemot eller över 70°C under testade förhållanden. Bland annat portlak (*Portulaca oleracea*), svinamarant (*Amaranthus retroflexus*) och åkervinda (*Convolvulus arvensis*) var tåliga arter. Åkervinda (*Convolvulus arvensis*) var en tålig art i flera processer och enligt tabell 1 väldigt tålig för höga temperaturer. Den förekom dock inte i röttningsförsöken.

De arter vars frön i högst grad överlevde åtta veckor ensilering, tabell 5, var penningört (*Thlaspi arvense*), åkerbinda (*Polygonum convolvulus*), sommarcypress (*Kochia scoparia*) och vit kattost (*Malva pusilla*). Även tomtskräppa (*Rumex obtusifolius*) överlevde en längre ensileringsprocess (Overud 2002).

I tabell 6, gällande våmbehandling av frön, var återigen penningört (*Thlaspi arvense*), åkerbinda (*Polygonum convolvulus*) och vit kattost (*Malva pusilla*) några av de mer tåliga arterna. Även grovsnärja (*Cuscuta campestris*), svinamarant

(*Amaranthus retroflexus*), svinmålla (*Chenopodium album*) och ett år också flyghavre (*Avena fatua*) visade sig relativt tåliga.

Då kompost upphettades, tabell 7, krävdes i de flesta fall inte mer än tre dagar vid 49°C för att döda frön av de testade arterna, med undantag av åkervinda (*Convolvulus arvensis*). Denna klarade över 30 dagar vid 72°C i kompost.

I det fall där två processer, ensilering plus våmbehandling, följde på varandra, tabell 8, reducerades livsdugligheten i högre grad hos alla testade arter jämfört med enbart våmbehandling, med få undantag. Ju fler processer som föregår eller efterföljer en biogasprocess desto mindre blir riskerna. Penningört (*Thlaspi arvense*), åkerbinda (*Polygonum convolvulus*), sommarcypress (*Kochia scoparia*) och vit kattost (*Malva pusilla*) var även här de arter bland de testade som klarade sig bäst, men livsdugligheten reducerades kraftigt också hos dessa arter.

De arter som i liknande processer var tåliga och som också förekom i försök på biogasrötning var flyghavre (*Avena fatua*), penningört (*Thlaspi arvense*), svinamarant (*Amaranthus retroflexus*), svinmålla (*Chenopodium album*), tomtskräppa (*Rumex obtusifolius*) och åkerbinda (*Polygonum convolvulus*), kapitel 5. Svinmålla (*Chenopodium album*) klarade i hög utsträckning en dag i en mesofil röttningsprocess och var den enda av de testade arterna att klara även sju dagar med en grobarhet på 2,5 %, se tabell 4. Efter tre veckor var dock grobarhet noll. Grobarheten hos flyghavre (*Avena fatua*) var 1,5 % efter en dag och noll efter en vecka, tabell 4. I detta försök gav livsduglighetstest liknande resultat som grobarhetstestet, men det framgår inte om fröernas livsduglighet testats även innan försöket. Biogasrötningen verkade här alltså oskadliggöra även de mer tåliga arterna. Dock fann Tserashchuck (2005) livsdugliga frön i rötprodukten, men eftersom flera faktorer i Tserashchucks försök är okända är det svårt att dra några slutsatser från det.

8.2 Frön i biogasrötning

Inga grobara frön av testade arter förekommer efter en termofil röttningsprocess under en dag, se tabell 3. Det framgår dock inte om den förlorade förmågan att gro beror på att också livsdugligheten påverkats. En reduktion i grobarhet kan bero på att frön befinner sig i gröningsvila. Det är därför av stor betydelse att gröningsvila utesluts med test av livsduglighet så att saneringens effekt kan garanteras.

I mesofila röttningsprocesser var svinmålla den mest tåliga arten, men endast 2,5% av testade frön grodde efter en vecka och grobarheten var 0% efter tre veckor (ta-

bell 3 och tabell 4). En vecka var tillräckligt för att förhindra groning hos andra testade arter (tabell 4).

Risken för att ogräsfrö av testade arter ska spridas med användning av rötresten som gödselmedel är enligt tabell 4 i stort sett noll även efter en mesofil rötning. Detta gäller vid en tillräckligt lång exponeringstid. I försöket räckte tre veckor. En termofil rötning ger snabbare nedgång av grobarhet och livsduglighet. Test av livsduglighet indikerade här samma resultat som groningsförsöken, men gällande hårda frön av klöver var det svårare att säga säkert. Enligt Tserashchuck (2005) förekom däremot en faktisk risk för spridning av ogräs. De arter med grobara frön som påträffades i rötresten var svinamarant (*Amaranthus retroflexus*), då (*Galeopsis* spp.), svinmålla (*Chenopodium album*) och vippskräppa (*Rumex confertus*), vitblåra (*Melandrium album*), våtarv (*Stellaria media*) och åkerbinda (*Polygonum convolvulus*) (se kapitel 5). Dock nämns inte temperatur, tid eller vilka livsduglighetstester som genomförts vilket gör det omöjligt att här bedöma resultaten.

Vad gäller eftersanering av ogräsfrön i rötresten har ingen metod påträffats i den här litteraturgenomgången. För substrat med delvis animaliskt ursprung görs en hygienisering vid en högre temperatur på 70°C före röttningsprocessen. Enligt tabell 1 garanterar temperaturen inte att fröna förlorar sin livsduglighet då en viss andel frön klarar högre temperaturer. Det gäller dock under helt andra omständigheter än vid biogasrötning.

Utifrån de försök som presenterats verkar risken för spridning av ogräsfrön vara relativt liten och arter som flyghavre verkar inte klara processen någon längre tid. Försöken är dock otillräckliga för att garantera att produkten är helt fri från livsdugliga ogräsfrön. Utökad forskning gällande till exempel fler arter, olika typer av röttningsprocesser och med test av livsduglighet skulle ge ett bredare och mer tillförlitligt resultat.

9 Referenser

Baskin C.C. & Baskin J.M. (1998) *Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. Academic Press, San Diego

Bewly J.D. & Black M. (1994) *Seeds- Physiology of development and germination*. 2:a upplagan. Plenum Press, New York

Bewley J.D. & Black M. (2002) *Seed technology and its biological basis*. Sheffield Academic Press, Sheffield

Blackshaw R. E., & L. M. Rode. (1991) Effect of ensiling and rumen digestion by cattle on weed seed viability. *Weed Sci.* 39: 104-108

Church D.C. (1988) *The ruminant animal – digestive physiology and nutrition*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs

Egley G.H. (1990) High-temperature effects on germination and survival of weed seeds in soil. *Weed Sci.* 38(4-5): 429-435.

Fenner M. (1992) *Seeds – the ecology of regeneration in plant communities*. CABI Publishing, Wallingford

Forsberg G. (2004) Control of cereal seed-borne diseases by hot humid air seed treatment. Diss. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet, Repro, Uppsala

Gardener C.J., McIvor J.G. & Jansen A. (1993) Passage of legume and grass seeds through the digestive tract of cattle and their survival in faeces of cattle. *Journal of Applied Ecology* 30: 63-74

Haidar M. A., Gharib C. & Sleiman, F.T. (2010) Survival of weed seeds subjected to sheep rumen digestion. *Weed Research* 50: 467–471

Marchaim U. (1993) Biogas processes for sustainable development. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rom

Mt. Pleasant J. & Schlather K.S. (1994) Incidence of weed seed in cow manure and its importance as a weed source for cropland. *Weed Technol.* 8: 304-310

Overud S. (2002) *Effects of ensiling on seed germinability and viability in Rumex crispus L.* Examensarbete 2002:46, Institutionen för ekologi och växtproduktionslära, SLU, Uppsala

Rynk R. (1992) *On-farm composting handbook*. Northeast Reg. Agric. Eng - 54. Serv., Ithaca, NY

Schrade S., Oechsner H., Pekrun C. & Claupein W. (2003) Influence of the Biogas Process on the Germinability of Seeds. *Landtechnik* 2: 90-91

Spörndly R., Everitt B. & Berggren M. (1988) Ensilering: en biologisk process. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala

Thompson A.J., Jones N.E. & Blair A.M. (1997) The effect of temperature on viability of imbibed weed seeds. *Ann. Appl. Biol.* 130: 123–134

Tserashchuck U. (2005) Risk of weed infestations from manures fermented in a biogas plant

In: Proceedings of the 13th EWRS Symposium, Bari, Italy, June 19-23, 2005

Tymms S.M., Wilkinson K.G., Hepworth G., Macauley B.J & Porter I.J. (2011) Effect of heat treatment and short duration composting on germination of weeds in green waste. *American Society of Agricultural and Biological Engineers* 54(2): 493-499

Weinhappel M., Leonhardt C., Gansberger M., Brandstetter A., Pfundtner E. & Liebhard P. (2010) Examination of the distribution risks of selected plant diseases,

weeds and plant propagules by digestate of biogas plants. Proceedings Venice 2010, Third International Symposium on Energy from Biomass and Waste, Venice, Italy, November 8-11 2010. Environmental Sanitary Engineering Centre, Italy

Wiese, A. F., J. M. Sweeten, B. W. Bean, C. D. Salisbury, and E. W. Chenault. (1998) High temperature composting of cattle feedlot manure kills weed seed. *Applied Eng. in Agric.* 14(4): 377-380

E-mail

Edström, M. (Mats.Edstrom@jti.se), 2011-09-02. Re: frågor om biogasproduktion. E-post till A. Hansander (annahansander@hotmail.com)

Internetlänk

LRF – Lantbrukarnas riksförbund. Hemsida. [online](2011-09-07) Tillgänglig: http://www.lrf.se/PageFiles/5703/Biogas_pa_garden_LR.pdf [u.å.]

SP – Sveriges tekniska forskningsinstitut. Hemsida. [online](2011-09-07) Tillgänglig: <http://www-v2.sp.se/publ/user/default.aspx?RapportId=7335#7335> [u.å.]